


SEMICONDUCTOR LASER

Patent number: JP2001119096
Publication date: 2001-04-27
Inventor: KURAMACHI TERUHIKO
Applicant: FUJI PHOTO FILM CO LTD
Classification:
- International: H01S5/028
- european:
Application number: JP19990295260 19991018
Priority number(s):

Also published as:

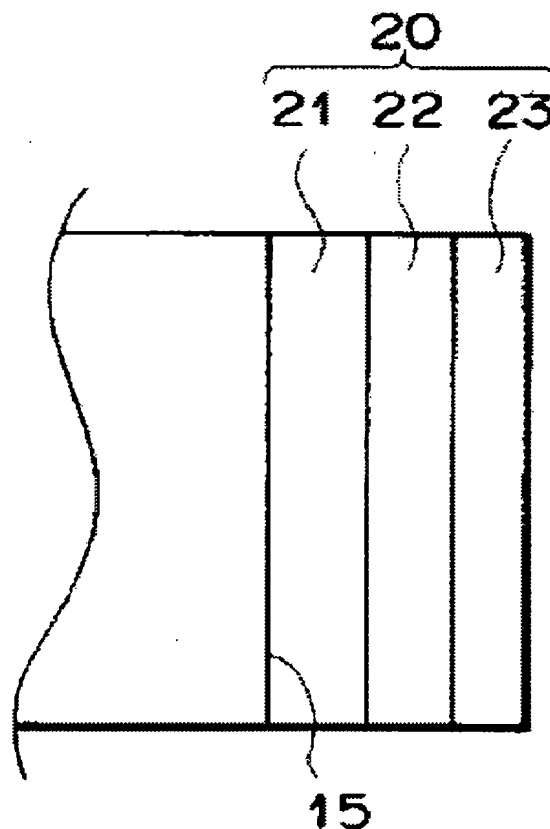
 US6487227 (B)

Report a data error here

Abstract of JP2001119096

PROBLEM TO BE SOLVED: To restrict a refractive index and a reflection index change amount of an end surface to a change in the film thickness of a dielectric film formed on the element end surface, through which oscillation lights of a semiconductor laser pass, and accurately establish this reflection index as a desirable value.

SOLUTION: In a semiconductor laser, in which a dielectric film for controlling the reflection index of an end surface 15 is formed on at least the one element end surface 15 through which oscillation lights pass, as the dielectric film, three films of a first dielectric film 21 composed of Al_2O_3 , a second dielectric film 22 composed of TiO_2 or Ta_2O_5 , and a third dielectric film 23 composed of SiO_2 are formed in the order, from a side of the end surface 15. Oscillation wavelength is set at λ , and refractive indexes of the first dielectric film 21, second dielectric film 22 and third dielectric film 23 with respect to the wavelength λ are set as n_1 , n_2 and n_3 , respectively and film thicknesses of the first dielectric film 21, second dielectric film 22 and third dielectric film 23 are set as d_1 , d_2 and d_3 , respectively. Then, $0.09\lambda \leq n_1 d_1 \leq 0.15\lambda$, $0.20\lambda \leq n_2 d_2 \leq 0.22\lambda$, and $0.225\lambda \leq n_3 d_3 \leq 0.245\lambda$.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開 2001-119096

(P 2001-119096A)

(43)公開日 平成13年4月27日(2001.4.27)

(51)Int. Cl.⁷

H 0 1 S 5/028

識別記号

F I

H 0 1 S 5/028

テ-マ-ド(参考)

5F073

審査請求 未請求 請求項の数 3

O L

(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平11-295260

(22)出願日 平成11年10月18日(1999.10.18)

(71)出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72)発明者 蔵町 照彦

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

(74)代理人 100073184

弁理士 柳田 征史 (外1名)

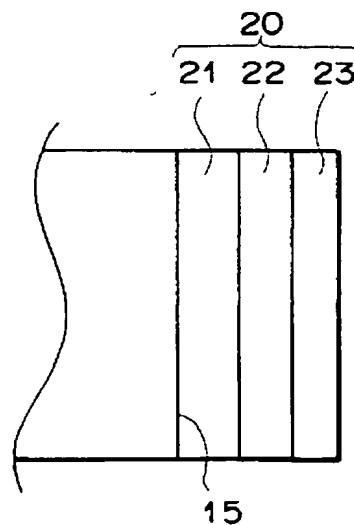
Fターム(参考) 5F073 AA83 CB20 DA33

(54)【発明の名称】半導体レーザー装置

(57)【要約】

【課題】 半導体レーザー装置の発振光が通過する素子端面に形成する誘電体膜の屈折率および膜厚の変化に対する該端面の反射率変化量を小さく抑えて、この反射率を正確に所望値に設定する。

【解決手段】 発振光が通過する少なくとも一方の素子端面15に、該端面15の反射率を制御する誘電体膜が形成されてなる半導体レーザー装置において、前記誘電体膜として、端面15側から順に Al_2O_3 からなる第1誘電体膜21、 TiO_2 または Ta_2O_5 からなる第2誘電体膜22、および SiO_2 からなる第3誘電体膜23の3層を形成する。そして発振波長を λ とし、この波長 λ に対する第1誘電体膜21、第2誘電体膜22および第3誘電体膜23の屈折率をそれぞれ n_1 、 n_2 および n_3 とし、第1誘電体膜21、第2誘電体膜22および第3誘電体膜23の膜厚をそれぞれ d_1 、 d_2 、 d_3 としたとき、 $0.09\lambda \leq n_1 d_1 \leq 0.15\lambda$ 、 $0.20\lambda \leq n_2 d_2 \leq 0.22\lambda$ 、 $0.225\lambda \leq n_3 d_3 \leq 0.245\lambda$ とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 発振光が通過する少なくとも一方の素子端面に、該端面の反射率を制御する誘電体膜が形成されてなる半導体レーザー装置において、前記誘電体膜として、前記端面側から順に各々発振光に対して透明な第1誘電体膜、第2誘電体膜、および第3誘電体膜の3層が形成されており、発振波長を λ とし、この波長 λ に対する前記第1誘電体膜、第2誘電体膜および第3誘電体膜の屈折率をそれぞれ n_1 、 n_2 および n_3 とし、前記第1誘電体膜、第2誘電体膜および第3誘電体膜の膜厚をそれぞれ d_1 、 d_2 および d_3 としたとき、

$$0.09\lambda \leq n_1 d_1 \leq 0.15\lambda$$

$$0.20\lambda \leq n_2 d_2 \leq 0.22\lambda$$

$$0.225\lambda \leq n_3 d_3 \leq 0.245\lambda$$

$$1.58 \leq n_1 \leq 1.64$$

$$2.0 \leq n_2 \leq 2.4$$

$$1.44 \leq n_3 \leq 1.46$$

の関係が満たされていることを特徴とする半導体レーザー装置。

【請求項2】 発振光が通過する少なくとも一方の素子端面に、該端面の反射率を制御する誘電体膜が形成されてなる半導体レーザー装置において、前記誘電体膜として、前記端面側から順に Al_2O_3 からなる第1誘電体膜、 TiO_2 または Ta_2O_5 からなる第2誘電体膜、および SiO_2 からなる第3誘電体膜の3層が形成されており、発振波長を λ とし、この波長 λ に対する前記第1誘電体膜、第2誘電体膜および第3誘電体膜の屈折率をそれぞれ n_1 、 n_2 および n_3 とし、前記第1誘電体膜、第2誘電体膜および第3誘電体膜の膜厚をそれぞれ d_1 、 d_2 および d_3 としたとき、

$$0.09\lambda \leq n_1 d_1 \leq 0.15\lambda$$

$$0.20\lambda \leq n_2 d_2 \leq 0.22\lambda$$

$$0.225\lambda \leq n_3 d_3 \leq 0.245\lambda$$

の関係が満たされていることを特徴とする半導体レーザー装置。

【請求項3】 前記素子端面の反射率が10～25%の範囲内にあることを特徴とする請求項1または2記載の半導体レーザー装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体レーザー装置に関し、特に詳細には、発振光が通過する素子端面の誘電体膜が改良された半導体レーザー装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体レーザー装置を、半導体結晶表面をむき出しのままにして動作させると半導体結晶表面が酸化され、半導体レーザー装置が徐々に劣化する。この問題を防止するために、例えば特開平6-112679号に示されているように、発振光が通過する半導体レー

ザー素子端面に、 Al_2O_3 （酸化アルミニウム）等からなる単層の透明な誘電体膜を形成した構成が知られている。

【0003】 このような誘電体膜が形成された場合、素子端面の反射率は、誘電体膜の膜厚に応じて変化する。その反射率の変化特性の一例を図7に示す。そこで、この膜厚を制御することにより、素子端面の反射率を所望値に設定することも可能になる。なおこの図7では、横軸に膜厚そのものではなく、光学長（屈折率×膜厚）を、波長 λ に対する比で示してある。

【0004】 従来知られている通り半導体レーザー装置にあっては、そこから出射した発振光が他の光学部品の端面等で反射して、いわゆる戻り光となって再入射すると、発振が不安定化してノイズが生じる等の問題を招く。この戻り光による問題を防止するためには、半導体レーザー装置の素子端面の反射率を10～25%程度に比較的低く設定しておくことが効果的であり、そのようにするために、上述の誘電体膜の膜厚を制御する手法を適用することもできる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上述のような単層の誘電体膜を素子端面に形成する場合、図7からも分かる通り、該端面の反射率は膜厚変化に対してかなり急激に変化するので、この膜厚の制御によって素子端面反射率を正確に所望値に設定することは非常に困難となっている。

【0006】 一方図6の曲線bは、単層の Al_2O_3 膜が形成された素子端面反射率の波長分散例を示すものである。図示の通りこの場合の素子端面反射率は、波長変化に対して非常に急激に変化する。半導体レーザー装置を生産する場合、例えば700～1100nm等のように、ある発振波長帯域にある半導体レーザー装置を共通の処理によって製造することも多いが、上記のように素子端面反射率の波長分散が大きいと、共通の処理によって製造できる半導体レーザー装置は、非常に狭い発振波長帯域のものに限られてしまう。

【0007】 本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、発振光が通過する素子端面に形成する誘電体膜の屈折率および膜厚の変化に対する該端面の反射率変化量を小さく抑えて、この反射率を正確に所望値に設定することができる半導体レーザー装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明による1つの半導体レーザー装置は、前述したように発振光が通過する少なくとも一方の素子端面に、該端面の反射率を制御する誘電体膜が形成されてなる半導体レーザー装置において、前記誘電体膜として、前記端面側から順に各々発振光に対して透明な第1誘電体膜、第2誘電体膜、および第3誘電体膜の3層が形成されており、発振波長を λ と

10

20

30

40

50

し、この波長 λ に対する前記第1誘電体膜、第2誘電体膜および第3誘電体膜の屈折率をそれぞれ n_1 、 n_2 および n_3 とし、前記第1誘電体膜、第2誘電体膜および第3誘電体膜の膜厚をそれぞれ d_1 、 d_2 および d_3 としたとき、

$$0.09\lambda \leq n_1 d_1 \leq 0.15\lambda$$

$$0.20\lambda \leq n_2 d_2 \leq 0.22\lambda$$

$$0.225\lambda \leq n_3 d_3 \leq 0.245\lambda$$

$$1.58 \leq n_1 \leq 1.64$$

$$2.0 \leq n_2 \leq 2.4$$

$$1.44 \leq n_3 \leq 1.46$$

の関係が満たされていることを特徴とするものである。

【0009】一般的な半導体レーザー発振光に対して透明な誘電体としては、例えば後述する Al_2O_3 （酸化アルミニウム）、 TiO_2 （酸化チタン）、 Ta_2O_5 （五酸化タンタル）および SiO_2 （酸化シリコン）が知られている。上記の発明において誘電体膜材料はこれらに限定されるものではなく、 Al および O を含んで屈折率が1.58から1.64の範囲にある材料、 T および O を含んで屈折率が2.2から2.4の範囲にある材料、 Ta および O を含んで屈折率が2.0から2.2の範囲にある材料、並びに S および O を含んで屈折率が1.44から1.46の範囲にある材料等を用いることもできる。

【0010】また本発明による別の半導体レーザー装置は、同じく発振光が通過する少なくとも一方の素子端面に、該端面の反射率を制御する誘電体膜が形成されてなる半導体レーザー装置において、前記誘電体膜として、前記端面側から順に各々 Al_2O_3 （酸化アルミニウム）からなる第1誘電体膜、 TiO_2 （酸化チタン）または Ta_2O_5 （五酸化タンタル）からなる第2誘電体膜、および SiO_2 （酸化シリコン）からなる第3誘電体膜の3層が形成されており、発振波長を λ とし、この波長 λ に対する前記第1誘電体膜、第2誘電体膜および第3誘電体膜の屈折率をそれぞれ n_1 、 n_2 および n_3 とし、前記第1誘電体膜、第2誘電体膜および第3誘電体膜の膜厚をそれぞれ d_1 、 d_2 および d_3 としたとき、

$$0.09\lambda \leq n_1 d_1 \leq 0.15\lambda$$

$$0.20\lambda \leq n_2 d_2 \leq 0.22\lambda$$

$$0.225\lambda \leq n_3 d_3 \leq 0.245\lambda$$

の関係が満たされていることを特徴とするものである。

【0011】ここで、 Al_2O_3 の屈折率 n_1 は1.58～1.64、 TiO_2 の屈折率 n_2 は2.2～2.4、 Ta_2O_5 の屈折率 n_2 は2.0～2.2、 SiO_2 の屈折率 n_3 は1.44～1.46の範囲にそれぞれある。

【0012】なお以上の構成は、前述した戻り光対策のために、素子端面の反射率を10～25%程度に比較的低く設定する場合に適用すると特に効果的である。

【0013】

【発明の効果】誘電体膜の屈折率および膜厚の変化に対

する素子端面の反射率変化量を小さくすることは、下記の理由により、波長による反射率分布を小さくすることと等価となる。このことから、波長変化に対する反射率変化の小さい層構成の誘電体膜を端面に形成すれば、本発明の目的が達成されることになる。

【0014】単層の誘電体膜の屈折率 n および膜厚 d と、反射率が最低になる光の波長 λ との間には、 $nd = \lambda/4$ の関係があるので、屈折率 n および膜厚 d のパラツキ量をそれぞれ δn 、 δd とし、波長 λ の変化量を $\delta \lambda$ とすると、

$$(n + \delta n)(d + \delta d) = (\lambda + \delta \lambda)/4$$

の関係が成り立つ。このことから、波長 λ と波長 $(\lambda + \delta \lambda)$ での反射率がほぼ同等となるような層構成の誘電体膜を形成すれば、屈折率および膜厚のパラツキ δn 、 δd の範囲内で、ほぼ同等の反射率を得ることができる。そこで、波長変化に対する反射率分布の小さい層構成の誘電体膜を端面に形成すればよいことになる。

【0015】上述した

$$0.09\lambda \leq n_1 d_1 \leq 0.15\lambda$$

$$0.20\lambda \leq n_2 d_2 \leq 0.22\lambda$$

$$0.225\lambda \leq n_3 d_3 \leq 0.245\lambda$$

の関係を満足する、 Al_2O_3 からなる第1誘電体膜、 TiO_2 あるいは Ta_2O_5 からなる第2誘電体膜、および SiO_2 からなる第3誘電体膜の3層構成の誘電体膜は、具体的に図6の曲線aで例示するように、従来用いられて来た単層の誘電体膜（曲線b）と比べて明らかに、波長変化に対する反射率変化が小さいものである。

【0016】なお、第1誘電体膜、第2誘電体膜、および第3誘電体膜の材料を規定しない請求項1の構成でも、それら第1誘電体膜、第2誘電体膜、および第3誘電体膜の屈折率範囲はそれぞれ、 Al_2O_3 の屈折率範囲1.58～1.64、 TiO_2 あるいは Ta_2O_5 の屈折率範囲2.0～2.4、 SiO_2 の屈折率範囲1.44～1.46と同じとされているから、上記と同様の効果を得ることができる。

【0017】したがって、このような3層構成の誘電体膜を素子端面に有する本発明の半導体レーザー装置は、誘電体膜の屈折率および膜厚の変化に対する該端面の反射率変化量を小さく抑えて、この反射率を正確に所望値に、すなわち例えば戻り光対策の要求に基づく10～25%の範囲内の値に設定可能なものとなる。

【0018】より具体的には後述する通り、発振波長が $\pm 150\text{nm}$ 程度異なっても、10～25%の範囲内の反射率を $\pm 1.5\%$ （余裕を見ても2%程度）の誤差範囲で所望値に設定することができる。したがって、本発明による半導体レーザー装置は、発振波長が300nm程度異なるものでも共通の端面コート処理によって製造可能となり、生産性を大幅に向上させることができる。

【0019】また、前述した $(n + \delta n)(d + \delta d) = (\lambda + \delta \lambda)/4$ の関係から、上記3層の誘電体膜を

仮想的に 1 層の膜とみなし、この膜の屈折率を n' 、膜厚を d' として、上記のように発振波長が $\pm 150 \text{ nm}$ 程度異なる場合について考えると、 $(d' \delta n' + n' \delta d' + \delta n' \delta d')$ の値が 37.5 nm ($=150 \text{ nm}/4$) となる範囲では、誘電体膜の屈折率および膜厚のパラッキに対する反射率の変化量を $\pm 1.5\%$ (余裕を見て 2% 程度) に抑えることが可能であると言える。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。図 1 は、本発明の第 1 の実施形態による半導体レーザー装置を示すものである。この半導体レーザー装置は、例えば GaAs からなる基板 10 と、その上に形成されたエピタキシャル多層膜 11 と、 SiO_2 あるいは SiN 等からなる電流狭窄層 12 と、基板 10 側に形成された金属多層膜等からなる N 電極 13 と、それと反対側に形成された金属多層膜等からなる P 電極 14 とを有している。

【0021】そして共振器面を構成する素子の前端面 15 および後端面 16 にはそれぞれ、前述したように該端面の酸化を防止するとともに、端面反射率を制御するための誘電体多層膜 20、30 が形成されている。本実施形態において、後端面 16 の誘電体多層膜 30 は高反射率が得られる多層膜とされ、一方、戻り光が入射する可能性が有る前端面 15 の誘電体多層膜 20 は、反射率を $10 \sim 25\%$ の範囲内の値 (具体的に本例では 13%) に設定し得る 3 層の誘電体膜とされている。

【0022】なお、本発明は必ずしも前端面 15 の誘電体膜に適用されるものではなく、後端面 16 の反射率を比較的 low に設定する要求が有る場合は、勿論、この後端面 16 の誘電体膜を本発明による 3 層構成としてもよいし、さらには、単層の誘電体膜としてもよい。

【0023】この第 1 実施形態においては、発振波長 $\lambda = 800 \text{ nm}$ に対して、前端面 15 の反射率を 13% に設定するものであり、そのための誘電体多層膜 20 は図 2 に示すように、前端面 15 の上に形成された Al_2O_3 からなる第 1 誘電体膜 21 と、その上に形成された TiO_2 からなる第 2 誘電体膜 22 と、さらにその上に形成された SiO_2 からなる第 3 誘電体膜 23 とによる 3 層構成とされている。

【0024】そして第 1 誘電体膜 21、第 2 誘電体膜 22、および第 3 誘電体膜 23 の屈折率をそれぞれ n_1 、 n_2 および n_3 とし、膜厚をそれぞれ d_1 、 d_2 および d_3 としたとき、 $n_1 d_1 = 0.095$ 、 $n_2 d_2 = 0.20 \lambda$ 、 $n_3 d_3 = 0.235$ となっている。ただしこの場合、 Al_2O_3 の屈折率 $n_1 = 1.60$ 、 TiO_2 の屈折率 $n_2 = 2.25$ 、 SiO_2 の屈折率 $n_3 = 1.45$ 、半導体レーザー素子自身の屈折率 $n = 3.4$ とする。

【0025】この構成における前端面 15 の反射率の波長分散特性は、図 3 に示すものとなる。ここに図示されている通り、設計波長 $\lambda = 800 \text{ nm}$ に対して $\pm 150 \text{ nm}$ の範

囲内で、前端面 15 の反射率を $13 \pm 1.5\%$ に設定することができる。

【0026】なお本例において第 1 誘電体膜 21、第 2 誘電体膜 22、および第 3 誘電体膜 23 は、真空蒸着によって形成したが、それに限らずスパッタ法や気相堆積法 (CVD) 等を適用しても構わない。

【0027】次に、本発明の第 2 の実施形態による半導体レーザー装置について説明する。なおこの第 2 実施形態の半導体レーザー装置は、基本的な形状は第 1 実施形態のものと同等であるので、図 1 および図 2 を参照して説明する (後の第 3 実施形態についても同様)。

【0028】この第 2 実施形態においては、発振波長 $\lambda = 800 \text{ nm}$ に対して、前端面 15 の反射率を 16% に設定するものであり、そのための誘電体多層膜 20 は図 2 に示すように、前端面 15 の上に形成された Al_2O_3 からなる第 1 誘電体膜 21 と、その上に形成された TiO_2 からなる第 2 誘電体膜 22 と、さらにその上に形成された SiO_2 からなる第 3 誘電体膜 23 とによる 3 層構成とされている。

【0029】そして第 1 誘電体膜 21、第 2 誘電体膜 22、および第 3 誘電体膜 23 の屈折率をそれぞれ n_1 、 n_2 および n_3 とし、膜厚をそれぞれ d_1 、 d_2 および d_3 としたとき、 $n_1 d_1 = 0.12$ 、 $n_2 d_2 = 0.20 \lambda$ 、 $n_3 d_3 = 0.235$ となっている。ただしこの場合、 Al_2O_3 の屈折率 $n_1 = 1.60$ 、 TiO_2 の屈折率 $n_2 = 2.25$ 、 SiO_2 の屈折率 $n_3 = 1.45$ 、半導体レーザー素子自身の屈折率 $n = 3.4$ とする。

【0030】この構成における前端面 15 の反射率の波長分散特性は、図 4 に示すものとなる。ここに図示されている通り、設計波長 $\lambda = 800 \text{ nm}$ に対して $\pm 150 \text{ nm}$ の範囲内で、前端面 15 の反射率を $16 \pm 1.5\%$ に設定することができる。

【0031】次に、本発明の第 3 の実施形態による半導体レーザー装置について説明する。この第 3 実施形態においては、発振波長 $\lambda = 800 \text{ nm}$ に対して、前端面 15 の反射率を 20% に設定するものであり、そのための誘電体多層膜 20 は図 2 に示すように、前端面 15 の上に形成された Al_2O_3 からなる第 1 誘電体膜 21 と、その上に形成された TiO_2 からなる第 2 誘電体膜 22 と、さらにその上に形成された SiO_2 からなる第 3 誘電体膜 23 とによる 3 層構成とされている。

【0032】そして第 1 誘電体膜 21、第 2 誘電体膜 22、および第 3 誘電体膜 23 の屈折率をそれぞれ n_1 、 n_2 および n_3 とし、膜厚をそれぞれ d_1 、 d_2 および d_3 としたとき、 $n_1 d_1 = 0.145$ 、 $n_2 d_2 = 0.20 \lambda$ 、 $n_3 d_3 = 0.235$ となっている。ただしこの場合も、 Al_2O_3 の屈折率 $n_1 = 1.60$ 、 TiO_2 の屈折率 $n_2 = 2.25$ 、 SiO_2 の屈折率 $n_3 = 1.45$ 、半導体レーザー素子自身の屈折率 $n = 3.4$ とする。

【0033】この構成における前端面 15 の反射率の波長

分散特性は、図5に示すものとなる。ここに図示されている通り、設計波長 $\lambda=800\text{nm}$ に対して $\pm 150\text{nm}$ の範囲内で、前端面15の反射率を $20\pm 1.5\%$ に設定することができる。

【0034】なお以上説明した3つの実施形態においては、第2誘電体膜22を TiO_2 から形成しているが、第2誘電体膜を Ta_2O_5 から形成しても構わない。また以上の実施形態では、素子前端面15の上に直接第1誘電体膜21を形成しているが、素子前端面15の上に別の薄膜を形成して、その上に第1誘電体膜21を形成するようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態による半導体レーザー装置を示す斜視図

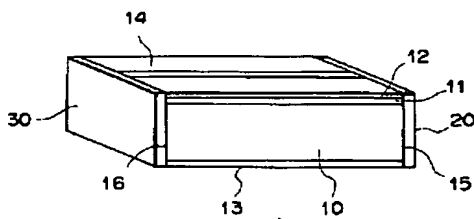
【図2】上記半導体レーザー装置の要部を拡大して示す側面図

【図3】上記第1実施形態の半導体レーザー装置における素子前端面の反射率の波長分散特性を示すグラフ

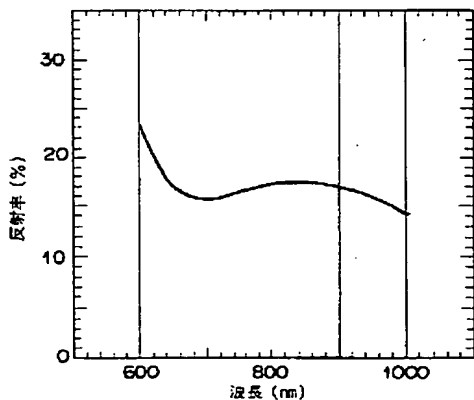
【図4】本発明の第2実施形態の半導体レーザー装置における素子前端面の反射率の波長分散特性を示すグラフ

- 10 基板
11 エピタキシャル多層膜
12 電流狭窄層
13 N電極
14 P電極
15 素子前端面
16 素子後端面
20、30 誘電体多層膜
21 第1誘電体膜
22 第2誘電体膜
23 第3誘電体膜

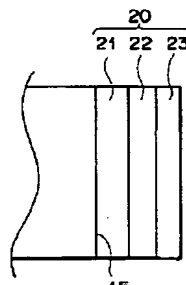
【図1】



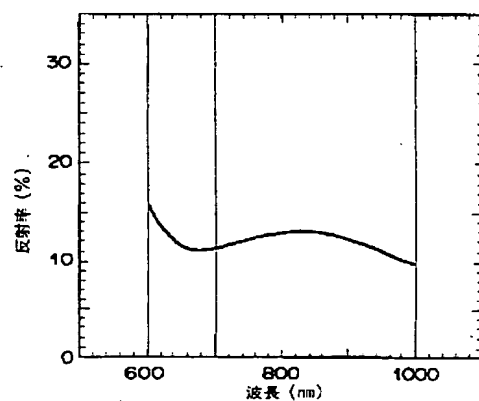
【図4】



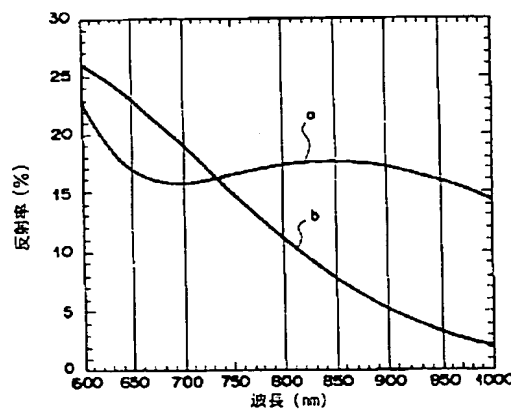
【図2】



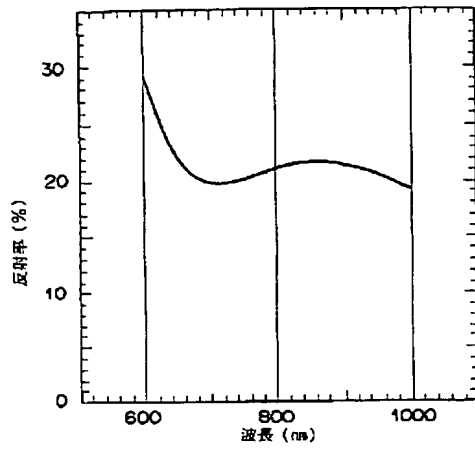
【図3】



【図6】



【図5】



【図7】

